

DOI: doi.org/10.21009/0305020615

## RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN SUHU JARAK JAUH UNTUK SURVEY POTENSI ENERGI TERBARUKAN DI LINGKUNGAN KAMPUS UNPAD JATINANGOR

Jajat Yuda Mindara, Sahrul Hidayat, Sri Suryaningsih,  
Norman Syakir, Wahyu Alamsyah.  
Departemen Fisika FMIPA UNPAD  
Jalan Raya Bandung-Sumedang KM.21 Jatinangor  
e-mail:jajat@phys.unpad.ac.id

### Abstraks

Unpad sebagai salah satu institusi akademik memiliki visi untuk turut serta pengembangan potensi energi terbarukan. Didalam pengembangan energi terbarukan khususnya energi solar, data mengenai potensi disuatu wilayah sangat diperlukan. Salah satu potensi energi yang datanya belum dimiliki adalah energi panas matahari

Salah satu cara sistem pengukuran suhu lingkungan jarak jauh adalah menggunakan sensor dalam terminal yang disimpan beberapa ratus meter dari komputer penerima. Sebagai media proses pengiriman dan penerimaan data dapat dengan cara Modem FM. Dalam hal ini pemrosesan transformasi dan konversi data adalah, suhu lingkungan ditransformasikan ke Tegangan, selanjutnya dikonversi ke Frekuensi (V/F) dan dimodulasi. Visualisasi keberadaan suhu lingkungan pada layar komputer didapat dari hasil demodulasi, konversi Frekuensi ke Tegangan (F/V) dan konversi Analog ke Digital.

Dalam penelitian ini dibahas analisis Transformasi dan Konversi suhu lingkungan ke data digital dengan perancangan menggunakan Transducer LM35 yang dikondisikan ke Tegangan (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 sd 50)<sup>o</sup>.C. Pengkonversi (V/F) dan (F/V) adalah (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 –5000) Hz. Dan Konversi Analog ke Digital (ADC) adalah (0 sd 65535) sebanding dengan suhu tersebut tersebut. Berdasarkan Transformasi dan Konversi tersebut didesain informasi keadaan suhu Normal pada antara 24-27<sup>o</sup>C, keadaan panas diatas 27<sup>o</sup>C panas dan dibawah 24 adalah dingin

**Kata-kata kunci:** *Sensor suhu, Pengkonversi (V/F),(F/V), Modem FM, ADC*

### Abstract

Universitas Padjadjaran as one of the academic institusi has a vision to participate development potential of renewable energy. In the development of renewable energies in particular solar energy, data about the potential of the sector in the region is very compulsory. One of the potential energy that its data has not owned a solar thermal energy.

One way of measuring system of temperature remote environment is to use the sensor in the terminal stored a few hundred meters from the computer of the recipient. As the process of sending and receiving data can be done by using a Modem FM. In this case the processing and data conversion transformation is the environmental temperature (*T*), follow by transformed of *T* to Voltage, then converted to frequency (V/F) and finally it is modulated. Existence of environmental temperature visualization on the computer screen as results of demodulasi, conversion of frequency to Voltage (F/V) and the conversion of Analog to Digital.

In this study addressed the analysis of transformation and environmental temperature conversion to digital data with the design using a conditioned LM25 Transducer to the Voltage (0 to 5) Volts comparable to (0 to 50) <sup>o</sup>C. Converter (V/F) and (F/V) vice versa is (0 to 5) Volts comparable to (0 to 5000) Hz. And the conversion of analog to digital (0 to 65535) is proportional to the temperature. Based on its transformation and the conversion state information designed normal temperature at between 24-27<sup>o</sup>C, state of heat above 27<sup>o</sup>C is hot and under 24 is cool

**Keywords:** *Temperature sensors, Converter (V/F), (F/V) FM, Modem, ADC*

**1. Pendahuluan**

Unpad sebagai salah satu institusi akademik memiliki visi untuk turut serta mengembangkan potensi energi terbarukan salah satunya solar sel. Salah satu hal yang penting untuk mendukung keberhasilan pengembangan sumber energi terbarukan adalah tersedianya data mengenai potensi energi panas di lingkungan kampus Unpad di Jatinangor.

Pemetaan potensi energi terbarukan biasanya dilakukan oleh kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) untuk beberapa wilayah di Indonesia. Data potensi energi terbarukan untuk wilayah Jawa Barat yang berasal dari Kementerian ESDM masih sangat minim, khususna untuk wilayah Sumedang atau Jatinangor.

Dalam makalah ini dibahas rancang bangun peralatan untuk survey atau pemetaan sumber energi terbarukan khususnya untuk energi panas matahari. Cara pengukuran suhunya jarak jauh.

**2. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan tahapan sebagai berikut: Observasi dan studi litelatur mengenai instrumentasi pengukuran suhu jarak jauh khususnya mengenai sensor temperatur, sistem telekomunikasi mengenai modulasi dan demodulasi FM, Piranti pengkonversi Tegangan ke frekuensi dan sebaliknya serta pengkonversi Analog ke digital, akusisi data, pemrograman dan lainnya untuk keperluan desain.

dan perantara sebagai subsistem pengkonversi data analog ke digital. Kemudian didesain perangkat lunak meliputi algoritma, pengaksesan pengukuran, prosedur submenu kalibrasi, rekam dan data base. Selanjutnya disusun kebutuhan komponen, peralatan, prosedur pengujian masing-masing subsistem dan integrasi. Proses perbaikan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan perumusan desain

**2.1 Desain**

Berdasarkan dengan metoda desain sistem meliputi perumusan transformasi dan konversi data untuk sistem pengukuran suhu berbasis komputer, hal ini sebagai berikut :

Sistem yang dirancang terdiri atas dua subsistem. Pertama Subsistem kolektor meliputi Elemen sensor suhu, Pengkonversi Tegangan ke Frekuensi, Modulator FM serta elemen Catu daya. Subsistem kedua Subsistem yaitu Terminal meliputi elemen Demodulator FM, Konversi Frekuensi ke Tegangan, Akusisi Data untuk komputer serta perangkat lunaknya sebagai pemroses data. Sesuai ditunjukkan gambar. 1.

Pilihan untuk tahap pertama berbasis Komputer didasarkan pada pemikiran data dapat disimpan banyak selanjutnya dapat dianalisa. Akan mudah untuk tahap selanjutnya untuk desain sistem data looger

Pada Subsistem Kolektor sebagai pengirim data suhu lingkungan, dalam hal ini metoda untuk mendapatkan sinyal suhu terukur, melalui pengkondisi sinyal diubah ke variabel tegangan  $A(t)$  sebagai fungsi dari suhu, model linier secara empirik dapat dinyatakan dengan,

$$A(t) = K.dT(t) \dots\dots\dots(1)$$

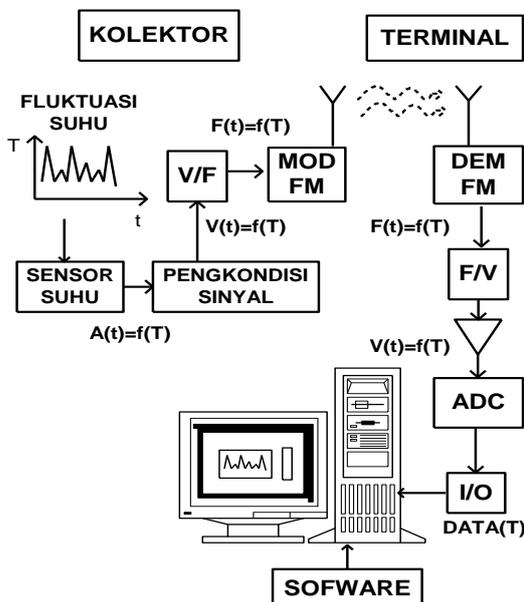
Dimana  $K$  adalah konstanta bergantung dari karakteristik sensor temperatur dan komponen dari rangkaian pengkondisi sinyal dan  $dT(t)$  adalah fluktuasi perubahan temperatur. Selanjutnya sinyal tegangan  $A(t)$  dikuatkan kembali untuk disesuaikan ke rangkaian pengkonveri ke frekuensi, persamaan linier empirik dapat dinyatakan dengan,

$$V(t) = K_v.A(t) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana  $K_v$  adalah faktor penguatan. Setelah dikonversi oleh  $(V/F)$  ke frekuensi, persamaan linier empirik frekuensi terhadap tegangan dapat dirumuskan,

$$F(t) = \alpha V(t) + F_0 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana  $\alpha$  adalah faktor pembanding tegangan ke frekuensi dan  $F_0$  adalah frekuensi keluaran dari  $(V/F)$  saat tegangan  $V(t)$  sama dengan nol. Selanjutnya  $F(t)$



Gambar 5 Posisi Kolektor suhu dan Terminal

Selanjutnya mendeskripsikan diagram blok sistem, prinsip kerja, merumuskan transformasi dan konversi data serta merumuskan penskalaan pixel. Langkah ini perlu dilakukan, karena grafik fluktuasi suhu dan nilai kuantitatifnya akan divisualisasikan pada layar monitor komputer. Kemudian berdasarkan deskripsi, didesain perangkat keras meliputi konstruksi untuk pengukuran, Pengkondisi sinyal,

dimodulasi frekuensi, hasil modulasi frekuensi dapat dirumuskan,

$$\psi = A_c \cdot \cos [\omega_c t + \beta \cdot \sin (\omega(t)t)] \dots\dots\dots(4)$$

Dimana  $A_c$  adalah amplitudo sinyal carier,  $\omega_c$  adalah frekuensi sudut sinyal carier,  $\beta$  adalah indeks modulasi dan  $\omega(t)$  adalah frekuensi sudut sebagai fungsi dari fluktuasi tinggi permukaan gelombang laut. Setelah dimodulasi frekuensi, selanjutnya ditransmisikan melalui antenna ke media udara. Pada bagian Penerima, sinyal persamaan (4) selanjutnya didemodulasi, hasil demodulasi dapat dirumuskan,

$$\psi_m = A_m \cdot \cos (\omega(t) \cdot t + \theta_2) \dots\dots\dots(5)$$

dimana  $\omega(t) = (2\pi F(t) \cdot t)$  dan  $F(t) = \alpha \cdot V(t) + F_0$  harus sesuai dengan persamaan (3). Selanjutnya frekuensi  $F(t)$  dikonversi kembali ke tegangan oleh rangkaian (F/V), keluarannya dapat dirumuskan,

$$V(t) = \gamma \cdot F(t)(6)$$

Sama dengan persamaan (2). Tegangan  $V(t)$  persamaan (6) selanjutnya didigitalisasi oleh rangkaian perantara ADC n-bit dengan tegangan referensi  $V_{ref}$  modus Unipolar. Oleh rangkaian ini diubah ke sinyal digital  $D_0$  s/d  $D_n$ . Hasil konversinya dapat dirumuskan,

$$Data(t) = \sum_{m=0}^n D_m(t) \cdot 2^m = \frac{(2^n - 1)}{|V_{ref}|} \cdot V(t) \dots\dots(7)$$

Suku kiri persamaan (7) adalah bilangan bulat bergantung dari bilangan biner, melalui perantara (I/O) dan perangkat lunaknya Komputer akan menerima  $Data(t)$  ini. Dimana variabel ini sebagai fungsi dari tinggi permukaan gelombang laut. sesuai dengan persamaan (1) dan persamaan (2) dalam pemrograman,  $Data(t)$  tersebut dapat dikembalikan ke nilai fluktuasi temperature lingkungan  $dT(t)$ , yaitu

$$dT(t) = \left[ \frac{dT_m}{(2^n - 1)} \right] * Data(t) \dots\dots\dots(8)$$

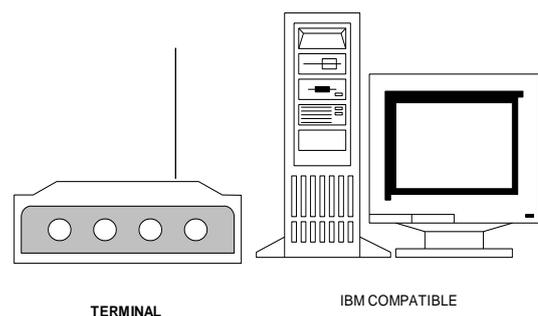
dimana  $dY_m$  adalah Fluktuasi temperature lingkungan maksimum. Dengan cara database bersamaan field-field entri variabel karakteristik, lokasi dan keberadaan suhu lingkungan, selanjutnya dapat disimpan dalam File.

**2.2 Perangkat Keras**

Sesuai dengan deskripsi, sistem yang akan dirancang untuk mendeteksi keberadaan suhu normal 27oC. Perabaan suhu maksimum 50oC keadaan panas sekali dan untuk keadaan dingin 0oC. Sesuai data sheet sensor temperature LM35 persamaan Tegangan terhadap suhu,  $A(T)=0,01T$

Dimana  $T$  adalah Temperatur lingkungan. Untuk menggunakan LM35 sebagai sensor suhu masih perlu penguatan Dalam perancangan dikuatkan 10 kali agar tegangan maksimum saat suhu 50oC sesuai dengan tegangan reverensi ADC sebesar 5 Volt. Dengan ini Keluaran pengkondisi sinyal,  $V(T)=0.1T$  Sesuai deskripsi Tegangan ini diubah ke frekuensi, dalam hal ini pada daerah suara, dan dirancang (0 sd 5) Volt sebanding dengan (0 sd 5000) Hz, dengan ini persamaan untuk (V/F) adalah,  $F = 1000 \cdot V$ . Menggunakan IC Utama XR2206 Selanjutnya dimodulasi frekuensi, dalam hal ini dipilih frekuensi pembawa yang tidak mengganggu band radio komunikasi lain yaitu 400 MHz. Agar saat suhu nol atau tegangan  $V=0$ , frekuensi  $F$  harus ditambahkan frekuensi  $F_0$ , yaitu konversi frekuensi pada saat Temperatur 0, dalam hal ini  $F_0$  dipilih 500 Hz, jadi  $F=1000 \cdot V+500$ . Demodulasi Pada subsistem harus sesuai dengan modulasi, hasil demodulasi 400 MHz diharapkan didapat sinyal dengan perubahan frekuensi  $F=1000 \cdot V + 500$ . Dengan IC 4151. Untuk mendapatkan kembali  $F=1000 \cdot V$ , digunakan komparator dengan Tegangan Set  $V_{set}= 0,5$  Volt LF356 (Sebanding dengan 500 Hz). Selanjutnya setelah demodulasi dikonversi ke tegangan oleh rangkaian (F/V) dalam hal ini dirancang  $V=0,001 \cdot F$ . Kemudian perancangan untuk akusisi data digunakan ADC  $n=16$  bit, modus unipolar dengan  $V_{ref}= 5$  Volt dengan ADC MAXIM191, dengan ini persamaan Data sebagai fungsi suhu yang masuk ke komputer dengan substitusi persamaan diatas adalah,  $Data=(65535/5) \cdot 0,1T$ . Untuk merumuskan Temperatur dari Data, yaitu  $T=(100/65535) \cdot Data$

Konstruksi terminal dan komputer ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2 Konstruksi Box Terminal Dan Komputer

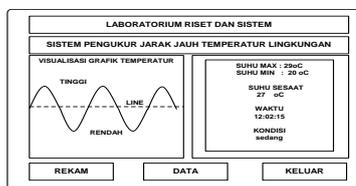
Sesuai dengan perumusan tarsnformasi dan konversi, LM35 sebagai sensor suhu lingkungan yang selanjutnya dengan suatu pengkondisi sinyal diubah ke sinyal tegangan sebagai fungsi dari perubahan temperature dengan penguat operasional LF356. Perancangan untuk Konversi Tegangan ke Frekuensi (V/F) dan Frekuensi ke Tegangan (F/V) sesuai dengan desain dengan piranti utama XR2206 dan 4151. Tranceiver FM atau Perancangan Modulator

dan Demodulator frekuensi dengan frekuensi pembawa (400) MHz, dengan piranti utama untuk modulator FM menggunakan piranti utama Transistor dan untuk demodulator FM dengan piranti utama MC10095. Perantara ADC untuk sistem yang dedesain dan perangkat lunak untuk visualisasi keberadaan gelombang laut pada layar monitor. Yang perlu diperhatikan adalah validitas data, sampling data. Dalam desain menggunakan perantara Arduino yang diakses melalui port USB. Catu daya harus dapat memberi daya pada seluruh sistem, berdaya besar dan stabil selama proses pengukuran dan efisien.

Untuk desain ada dua Perancangan catu daya pertama untuk sisi kapsul yaitu digunakan dua buah baterai kering 12 V/10A, dengan pengisian dari solar sel, baterai kering 12 V 50 AH, yang sumber dayanya dari charger, untuk suply ke masing sub sistem rangkain pada kapsul digunakan inverter tegangan DC. Rangkaian catu daya untuk Terminal untuk suply rangkaian demodulator FM Konversi Frekuensi ke Tegangan (F/V) dan perantara ADC, dengan tegangan (0,12) Volt dan bipolar (-5,0,+5) Volt. Untuk keperluan dari sumber tegangan berasal dari tegangan jala jala yang diturunkan menggunakan transformator step down center-tap yang mempunyai empat tegangan keluaran 5V, 10V, +12V, -12V, dengan. diratakan secara penuh menggunakan dioda bridge, regulator 7605, 7905, 7812 dan 7912. Dengan filter kapasitor elektrolit 4700µF/25V dan R=1Kohm diparalel.

### 2.3 Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak didesain dengan prosedur program mudah dalam perbaikan, menu program disajikan secara informatif. Titik ukur divisualisasikan dalam gambar dan hasil ukur divisualisasikan dengan diagram yang mudah dipahami. Sifat program entry, update, delete, pengurutan, pencarian, perata-rataan, pentabelan digunakan untuk proses intepretasi data.



Gambar 3 Desain Pola Tampilan Menu Rekam

Perangkat lunaknya untuk pemrosesan antara lain struktur pengaturan sinyal kendali akusisi dan transfer data, kalibrasi data ukur. Untuk visualisasi pada layar monitor terdiri atas: submenu Rekam, Data dan Keluar. Desain pola tampilan untuk menu rekam ditunjukkan Gambar 3 Algoritma (Main program) sebagai berikut:

```

Mulai
Ulang
  Tampil Menu Utama
  q:Tekan Tombol
  Kasus q
    'R':Mulai Rekam Selesai
    'D':Mulai Data Selesai
    'G':Mulai Grafik Selesai
  Akhir Kasus
  Akhir Ulang Tombol 'K' Ditekan
Selesai
    
```

Submenu Rekam berfungsi dalam proses pengoperasian Arduino yang diakses melalui port USB untuk merekam keberadaan temperatur lingkungan, divisualisasikan, mengukur temperatur serta menyimpan data dalam file.

```

Algoritma Rekam
Mulai
  i=1;
  Ulang
  Ambil menit1
  Ulang Mulai Menit t1=0
  Mulai
  Ambil menit2;
  In_ADC;
  Informasi_keadaan_Gelombang;
  Plot_Fluktuasi_Temperatur
  Menit=Menit2-Menit1;
  Akhir Ulang Menit=10;
  Akhir Ulang i= MaxData
  Simpan ke File
Selesai
    
```

Sumbenu Data berfungsi untuk menampilkan Data Numerik (angka) dan grafik fluktuasi pasang surut Gelombang Laut pada layar monitor dari data yang telah disimpan pada File. Submenu Keluar berfungsi untuk Keluar dari program utama.

## 3.HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Wujud Fisik Hasil Rancang Bangun

Gambar 4 menunjukkan hasil rancang bangun, bagian bawah Wujud fisik box sub bagian kolektor suhu lingkungan dan box sub penerima.



Gambar 4 Wujud Fisik Box Sub Kolektor dan Sub Penerima

Rangkaian untuk sub kolektor ditunjukkan pada gambar 5. Terdiri atas Rangkaian Sensor suhu, pengkondisi sinyal, rangkaian (V/F), modulator dan

catu daya batere. Untuk Rangkaian sub penerima ditunjukkan pada gambar 6. Terdiri atas rangkaian Demodulator, rangkaian (F/V), pengkondisi sinyal dan rangkaian prantara ADC. Alat-alat untuk pengujian karakteristik dan saat proses karakteristik ditunjukkan pada Gambar 4. Terdiri atas Oscilloscope, Catu daya, Multimeter dan generator frekuensi.



Gambar 5 Rangkaian sub bagian Kolektor dan Batere



Gambar 6 Rangkaian sub bagian Penerima

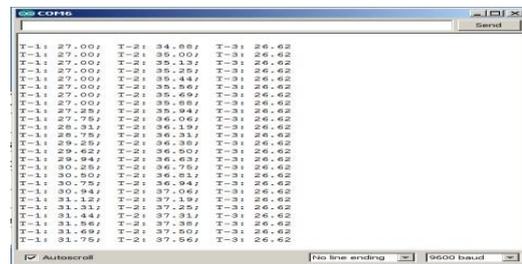


Gambar 7 Uji sub Rangkaian

### 3.2 Kinerja Subsystem

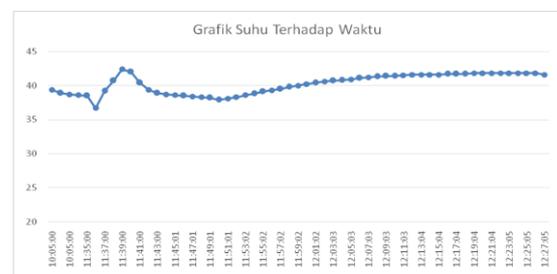
Pengujian karakteristik antara lain dilakukan pengujian linieritas sensor suhu dengan pengkondisi sinyalnya, rangkaian (V/F), Sinyal Pembawa dan Modulasi, Rangkaian (F/V), Perantara ADC dan Pengoperasian. Langkah dalam pengujian kinerja masing-masing rangkaian adalah dibuat rangkaiannya selanjutnya diuji karakteristiknya apakah sesuai dengan rumusan perancangan, perbaikan dilakukan sampai didapatkan rangkaian dengan karakteristik sedekat mungkin dengan rumusan. Untuk menganalisa karakteristik linier masing-masing

subrangkaiannya menggunakan Persamaan regresi linier. Dalam pengujian jumlah data  $n = 20$ . Bahasan pasal-pasal dalam bab ini, meliputi wujud fisik board uji subrangkaiannya, karakteristik linier masing-masing rangkaian, pengoperasian perangkat lunak diakhiri dengan Hasil uji Karakteristik Sensor Suhu untuk mengetahui linieritas tegangan sebagai fungsi dari Suhu didapat,  $V = 0,0500 T + 0,00025$ . Untuk karakteristik Tegangan ke frekuensi didapat  $F = 998,979.V + 5,105$ . Untuk karakteristik Frekuensi ke Tegangan ke frekuensi didapat  $V = 0,0009897.F + 0,0515$ . Untuk menguji sub modulator FM, dalam hal ini frekuensi pembawa dipilih antara (40-120) Mhz. Prosedurnya sinyal pembawa dan sinyal modulasi frekuensi untuk frekuensi modulasi (500 sd 5000) Hz, dengan step 500 Hz direkam. Perekaman menggunakan Digityzing Oscilloscope 600MHz. Frekuensi pembawa, untuk masing-masing chanel bekerja pada 460MHz, 480Mhz, 490MHz dan 500MHz.



Gambar 8..Menu tampilan suhu

Pengujian ADC meliputi uji kualitas hasil rekam sinyal dengan cara memasukan 4 chanel. Untuk mengetahui linearitas konversi analog ke digital pada proses perekaman sinyal. Pengujian dilakukan dengan memasukkan tegangan analog fungsi suhu ini dapat analisa sifat linier ADC sama yaitu  $.Data = 654,34.T + 150$ . Untuk menguji integrasi terdiri atas uji integrasi bagian kolektor, uji integrasi terminal dan uji keseluruhan sistem. Untuk uji Terminal dilakukan di laboratorium elektronika prodi Fisika FMIPA dan di laboratorium Riset dan system.



Gambar.9 Fluktuasi temperatur daerah Lapang bola

Untuk prosedur hidupan sistem Hidupkan box ADC dan Generator, hidupan komputer, lalu jalankan program UKUR SUHU.EXE . saat program dijalankan maka akan Tampak frame untuk visualisasi

suhu frame lain untuk parameter harga Temperatur dan kondisi serta frame waktu rekam. Dengan menekan tombol-q pada layar monitor frame Save data (Y/N). Jika Y, muncul frame nama file. Misal ditulis "suhu11.Txt" maka data hasil pengukuran disimpan pada file tersebut. Hasil pengukuran Fluktusai temperatur kampus unpad daerah lapangan bola ditunjukkan pada gambar 9.

#### 4. Kesimpulan

Telah berhasil dirancang bangun sistem pengukuran Data Untuk Pendeteksi Tinggi Rancang Bangun Sistem Pengukuran Suhu Jarak Jauh Untuk Survey Potensi Energi Terbarukan Di Lingkungan Kampus Unpad Jatinangor

Dengan karakteristik perancangan menggunakan sensor LM335 dengan persamaan karakteristik:  
 $V = 0,0500 T + 0,00025$ . (V/F)  $F = 998,979.V + 5,105$ .  
(F/V)  $V = 0,0009897.F + 0,0515$ . Untuk ADC Data =  $654,34.T + 150$ . Sistem dapat mengukur jarak jauh 4 chanel melalui empat frekuensi pembawa 460MHz, 480MHz, 490MHz dan 500MHz. Untuk daerah Rektorat, Lapangan bola, Aboretum dan Mesjid Unpad (Aweuhan).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Rencana Induk Penelitian Universitas Padjadjaran 2012-2016, LPPM Unpad, **2012**.
2. Ingria Yunandra, Muhammad Arrasy, Zadrach L. Dupe. *Estimasi Potensi Energi Matahari Berdasarkan Analisa Tutupan Awan Studi Kasus Jawa Barat*. Jurnal online Program Studi Meteorologi, ITB. Akses tanggal 26 April 2015.
3. Sahat Pakpahan. *Pemetaan Energi Angin untuk Pemanfaatan dan Melengkapi Peta Potensi SDA Indonesia*. Orasi Ilmiah Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Lapan. 10 November **2003**.
4. Nyoman S. Kumara. *Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia*. Journal Teknologi Elektro, Vol. 9 No. 1, **2010**. 68-75.
5. Irawan Rahardjo dan Ira Fitriana. *Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Matahari di Indonesia*. Seminar Nasional: Strategi Penyediaan Listrik Nasional. **2006**.
6. Lirong Z. Broderick, Brian R. Albert, Brian S. Pearson, Lionel C. Kimerling, Jurgen Michel. *Design for energy: Modeling of spectrum, temperature and device structure dependences of solar cell energy production*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 136, **2015**, 48–63.
7. Gordon Reikard, Bryson Robertson, Jean-Raymond Bidlot. *Combining wave energy with wind and solar: Short-term forecasting*. *Renewable Energy*, Volume 81, **2015**, 442–456.
8. Hiroshi Tanaka, Wael M. El-Maghlany, Mohamed A. Teamah. *Analytical study on solar energy absorbed on elliptic curved collector*. *Solar Energy*, Volume 115, **2015**, 667–679.
9. Dhanis Woro Fittrin. *Determining Optimal Schedule and Load Capacity in the Utilization of Solar and Wind Energy in the Microgrid Scheme: A Case Study*. *Energy Procedia*, Volume 65, **2015**, 48–57.
10. Wen-Shan Tan, Mohammad Yusri Hassan, Md Shah Majid, Hasimah Abdul Rahman. *Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 18, 2013, 626–645